

Удосконалений метод агрегатного ремонту за критерієм живучості

Improved Aggregate Repair Method Based on the Survivability Criterion

Ярослав Павлов

кандидат педагогічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту логістики, e-mail: palych.yaroslav@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0852-5659

Yaroslav Pavlov

PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Educational and Research Institute of Logistics, e-mail: palych.yaroslav@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0852-5659

Національна академія Національної гвардії України, м. Київ, Україна

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: December 12, 2025 | Revised: December 27, 2025 | Accepted: December 31, 2025

UDC 623:62-192:658.58

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.6.13>

Мета роботи. Підвищення ефективності відновлення боєздатності озброєння та військової техніки в умовах ведення бойових дій шляхом удосконалення процесу агрегатного ремонту за критерієм максимізації живучості.

Метод дослідження. У дослідженні застосовано аналітико-алгоритмічний підхід, що охоплює оцінювання пошкоджень, визначення структурної цілісності, перевірку забезпеченості агрегатами та прогнозування часу ремонту. Отримані дані забезпечують на основі індексів боєздатності та живучості вибір найефективнішої черги агрегатного відновлення.

Результати дослідження. Розроблено удосконалений метод агрегатного ремонту, що поєднує оцінку пошкоджень, структурної цілісності, забезпеченість агрегатами та прогноз часу відновлення. Метод підвищує оперативність відновлення автомобільної та бронетанкової техніки за критерієм живучості та зменшує нераціональні витрати ресурсів у бойових умовах.

Теоретична цінність дослідження. Дослідження формує цілісну теоретичну модель агрегатного ремонту, яка використовує коефіцієнт боєздатності та живучості. Дані коефіцієнти кількісно описують вплив рівня пошкоджень на відновлюваність АБТТ. Запропонований підхід поглиблює наукове розуміння поняття живучості військової техніки та розширює методологічні засади оптимізації ремонтних процесів у бойових умовах.

Оригінальність/Цінність дослідження. Запропоновано новий метод агрегатного ремонту, що вперше поєднує оцінку коефіцієнтів боєздатності, живучості та прогноз часу відновлення в єдину інформаційну систему ранжування. Такий підхід забезпечує науково обґрунтований вибір оптимальної черги ремонту зразків, що суттєво підвищує ефективність відновлення автобронетанкової техніки у динамічних бойових умовах.

Подальші дослідження: Розширення методу шляхом урахування стохастичних факторів бойової обстановки, інтеграції даних технічної розвідки в режимі реального часу та розроблення адаптивних алгоритмів ранжування. Перспективним є створення програмного модуля для автоматизованої системи підтримки прийняття рішень у ремонтно-евакуаційних підрозділах.

Тип статті. Дослідницька.

Purpose. Enhancing the Effectiveness of Combat Readiness Restoration of Weapons and Military Equipment in Combat Operations through an Improved Aggregate Repair Process Based on the Maximization of Survivability.

Method. The study employs an analytical-algorithmic approach that includes damage assessment, evaluation of structural integrity, verification of spare-unit availability, and repair-time forecasting. The obtained data, through combat capability and survivability indices, enable the selection of the most effective sequence of aggregate restoration.

Findings. An improved aggregate repair method has been developed that integrates damage assessment, structural integrity evaluation, spare-unit availability analysis, and repair-time forecasting. This method enhances the operational efficiency of restoring automotive and armored vehicles according to the survivability criterion and reduces inefficient resource expenditures under combat conditions.

Theoretical value of the study. The study establishes an integrated theoretical model of aggregate repair that employs combat capability and survivability coefficients. These coefficients provide a quantitative description of how damage levels affect the recoverability of armored vehicles. The proposed approach deepens the scientific understanding of military equipment survivability and expands the methodological foundations for optimizing repair processes under combat conditions.

Originality / Research value. A new aggregate repair method is proposed that, for the first time, integrates combat capability indices, survivability coefficients, and repair-time prediction into a unified information-based ranking system. This approach enables a scientifically grounded selection of the optimal repair sequence, significantly enhancing the effectiveness of armored vehicle recovery in dynamic combat environments.

Future research. A new aggregate repair method is proposed that, for the first time, integrates combat capability indices, survivability coefficients, and repair-time prediction into a unified information-based ranking system. This approach enables a scientifically grounded selection of the optimal repair sequence, significantly enhancing the effectiveness of armored vehicle recovery in dynamic combat environments.

Paper type. Research article.

Ключові слова: автобронетанкова техніка, критерій живучості, коефіцієнт боєздатності, бойові пошкодження, кінцевий елемент заміни, технічний стан, агрегатний ремонт, боєздатність, ранжування ремонту, відновлення автобронетанкової техніки.

Key words: Armored Vehicles, Survivability Criterion, Combat Capability Index, Battle Damage, Replaceable and Item, Technical Condition, Aggregate Repair, Combat Readiness, Repair Prioritization, Armored Vehicle Recovery.

Вступ

Для забезпечення успішного виконання різноманітних бойових завдань у війні проти російській федерації, наряду із частинами та з'єднаннями Збройних Сил України (ЗСУ) в оборонних заходах приймають участь і підрозділи Національної гвардії України. Велику роль наступальних або оборонних операціях відводиться зразкам автобронетанкової техніки (АБТТ), які забезпечують вогневу підтримку та мобільність особовому складу військових підрозділів.

Але інтенсифікація бойових дій та удосконалення сучасних засобів ураження противника приводять до збільшення бойових втрат техніки на полі бою. Для досягнення успіху у цих військових операціях особливу роль, поряд із раптовістю, інтенсивністю та сміливістю дій, відіграє проблематика забезпечення живучості зразків озброєння та зразків АБТТ за рахунок їх швидкого відновлення.

На даній час за досвідом бойових дій, існуючий традиційний підхід до організації ремонту зразків АБТТ у польових умовах не в повному обсязі задовольняє сучасним вимогам. Метод агрегатного ремонту за критерієм живучості удосконалює традиційний агрегатний метод ремонту. Цей підхід має вирішальне значення в умовах інтенсивних бойових дій для забезпечення живучості озброєння та військової техніки (ОВТ), у тому числі і АБТТ, та виконанні службово-бойових (бойових) завдань.

Таким чином, дослідження що спрямовані на удосконалення методу агрегатного ремонту за критерієм живучості є найбільш актуальніший проблемою у військової сфері.

Теоретичні основи дослідження

У колективній монографії Павлова та Сівака подано системний аналіз ремонтно-відновлювальних процесів бронетехніки в бойових умовах та описано сучасні українські підходи до агрегатного ремонту [1]. Праця є фундаментальною для розуміння структури технічного забезпечення. Однак автори не пропонують формалізованого методу ранжування зразків для першочергового відновлення.

У роботі Гнатова, Шевченка і Мороза розглянуто сучасні методи неруйнівного контролю пошкоджень бронетехніки [2]. Дослідження важливе для формування етапу діагностики у процесі ремонту. Недоліком є відсутність формалізованих критеріїв переходу від діагностики до рішення щодо відновлення.

У роботі Кривонос та інших розглянуто напрями удосконалення сучасних засобів об'єктивного контролю [2], що має важливе значення для формування етапу технічної діагностики в процесі ремонту озброєння та військової техніки. Водночас недоліком дослідження є відсутність формалізованих критеріїв переходу від результатів діагностики до обґрунтованого рішення щодо доцільності та черговості відновлення.

Дачковський аналізує методику оцінювання відновлюваності озброєння та військової техніки, зокрема з урахуванням залишкового ресурсу та рівня працездатності [3], що створює підґрунтя для формування інтегрального коефіцієнта боєздатності. Проте в межах запропонованого підходу не розглянуто вплив коефіцієнта живучості на визначення послідовності відновлення техніки. У військово-технічній сфері живучість розглядається як здатність зразка озброєння та військової техніки зберігати або оперативно відновлювати боєздатність після отримання бойових пошкоджень.

Пепеляєв та Іванов досліджують практичні аспекти відновлення бронетехніки після бойових уражень [4]. Робота цінна реальними прикладами бойових пошкоджень та заходами щодо їх ремонту. Водночас відсутня математизація процесу прийняття рішень на відновлення.

Герасименко і Юревич пропонують моделі оптимізації технічного забезпечення підрозділів у бойових умовах [5], що є релевантним для прогнозу часу ремонту. Недоліком є відсутність урахування критичності пошкоджених елементів та рівня живучості зразка.

Швець та ін. аналізують застосування БПЛА для технічної розвідки [6], що значно скорочує час первинної оцінки пошкоджень зразків АБТТ. Проте результати не інтегровані в алгоритми планування ремонту.

Marais і Saleh вводять деградаційно-орієнтовані моделі живучості складних систем [7], що є фундаментальною основою для оцінки боєздатності. Недоліком є неврахування реальних схем бойових пошкоджень техніки.

Sun та ін. досліджують процеси деградації багатофункціональних систем із використанням марковських наближень [8], що забезпечує ґрунтовний математичний базис моделювання. Водночас запропонована модель не передбачає механізмів пріоритезації ремонтних заходів.

Wu і Guo розглядають інтегровані моделі оцінювання бойових пошкоджень із використанням діагностичних підходів [9], що є релевантним для визначення рівня структурної цілісності об'єктів. Водночас у межах запропонованого підходу відсутня методика вибору оптимального сценарію ремонтних дій.

Zhao і Li пропонують модель багатокритеріальної оптимізації пріоритезації технічного обслуговування [10], яка потенційно може бути адаптована до ремонту АБТТ. Проте в цій моделі не враховано живучість як цільову функцію оптимізації.

Аналіз опрацьованих джерел свідчить, що як вітчизняні, так і зарубіжні науковці досягли значного поступу в дослідженні питань діагностики пошкоджень, оцінювання структурної цілісності та організації системи технічного забезпечення військової техніки. Праці українських авторів формують ґрунтовне прикладне підґрунтя для розуміння реальних процесів ремонту АБТТ у бойових умовах, тоді як міжнародні дослідження забезпечують розвиток формалізованих моделей живучості, відмовостійкості та багатокритеріальних підходів до ухвалення управлінських рішень.

Таким чином, результати проведеного огляду підтверджують високу наукову й практичну доцільність подальшого дослідження, спрямованого на розроблення удосконаленого методу агрегатного ремонту за критерієм живучості. Реалізація такого методу забезпечить формалізоване й обґрунтоване ранжування ремонтних рішень та сприятиме суттєвому підвищенню ефективності відновлення АБТТ у динамічних бойових умовах.

Постановка проблеми

Ефективність відновлення автобронетанкової техніки в умовах сучасних бойових дій значною мірою визначається спроможністю ремонтно-евакуаційних підрозділів оперативно та обґрунтовано ухвалювати рішення щодо доцільності й пріоритетності відновлення пошкоджених зразків. Наявні підходи до агрегатного ремонту забезпечують високу оперативність заміни вузлів і агрегатів, однак не враховують інтегрованого впливу ступеня пошкодження, рівня структурної цілісності, критичності елементів, ресурсних обмежень і прогнозованої тривалості ремонту на загальну живучість відновленого зразка.

Аналіз вітчизняних і зарубіжних досліджень свідчить про відсутність єдиної математично формалізованої моделі, здатної забезпечити кількісне оцінювання боєздатності та живучості техніки після ураження з подальшим урахуванням цих показників у процесі визначення черговості зразків для ремонту. Унаслідок цього ухвалення рішень часто ґрунтується на експертних судженнях, що не завжди забезпечує оптимальне використання часу, ресурсів і ремонтного потенціалу підрозділів.

Отже, постає наукова проблема розроблення удосконаленого методу агрегатного ремонту, який поєднував би оцінювання технічного стану, живучості та часові прогнози з алгоритмом обґрунтованого прийняття рішень щодо відновлення, спрямованим на підвищення оперативності й ефективності повернення автобронетанкової техніки до строю.

Результати

Алгоритм методу агрегатного ремонту військової АБТТ передбачає низку послідовних етапів (рис. 1), на кожному з яких приймається рішення про подальшу дію щодо пошкодженого зразка. Критерієм для переходу на наступний етап служить визначений показник – бінарний або кількісний індикатор, що характеризує можливість швидкого відновлення боєздатності конкретного зразка. Метод охоплює отримання інформації про пошкодження, технічну діагностику, оцінювання структурної цілісності, наявності необхідних запасних агрегатів, прогнозування часу ремонту, а також розрахунок коефіцієнтів боєздатності і живучості для визначення пріоритету ремонту. Нижче детально розглянуто основні стадії запропонованого методу.

Етап збору інформації (блок 2-3). Після надходження повідомлення про бойове пошкодження техніки здійснюється її технічна розвідка. Збір даних про характер і ступінь ушкоджень виконується силами ремонтно-евакуаційних груп на місці інциденту, а також із залученням дистанційних засобів спостереження (БпЛА тощо). Виявлена техніка доставляється на найближчий збірний пункт пошкоджених машин, де проводиться детальне діагностування технічного стану. На цьому етапі фахівці визначають перелік несправностей і працездатність основних систем кожного зразка. Результатом діагностики є узагальнений висновок про поточний технічний стан.

Оцінка структурної цілісності (бл. 4). Наступним кроком алгоритму є визначення, чи придатний даний зразок до агрегатного ремонту. Іншими словами, оцінюється ступінь руйнувань несучих конструкцій корпусу та шасі. Якщо пошкодження мають катастрофічний характер (значні пробоїни броні, деформація корпусу, вигорання тощо), то навіть повна заміна агрегатів не відновить боєздатність такої машини. Введемо показник структурної цілісності S , який набуває бінарних значень:

$$S = \begin{cases} 1, & \text{якщо } S > S_{min}, \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

Для зразків техніки, у яких $S = 0$, подальший агрегатний ремонт не проводиться. Такі машини відправляються на майданчик відстою з перспективою глибокого відновлення на спеціалізованих підприємствах або списання (за невиконання критерію живучості). Якщо ж $S=1$, тобто пошкодження носять локальний характер і не порушують загальної міцності конструкції, зразок переходить на наступний етап оцінювання. Значення границі S_{min} встановлюється відповідно до директивних документів та вимог командування.

Аналіз забезпеченості запасними агрегатами (бл. 5). На цій стадії визначають перелік необхідних елементів заміни D та перелік критичних елементів заміни $D_k \in D$ – ті вузли і системи, які необхідно замінити для відновлення заданого рівня боєздатності конкретного зразка. До множини D_k включаються тільки критичні компоненти, від виходу з ладу яких залежить функціонування зразка (наприклад, двигун, трансмісія, прицільні прилади тощо). Натомість елементи, що не впливають на бойову ефективність (скажімо, дзеркала заднього виду тощо), не розглядаються як критичні. Після цього проводиться перевірка наявності потрібних агрегатів на складі запасних частин (бл. 5, 6). Нехай R позначає множину агрегатів, доступних в обмінному фонді. Тоді для даного зразка можна сформулювати множину доступних елементів A . Результат перевірки описується бінарним індикатором:

$$A = \begin{cases} 1, & \text{якщо } D_k \in R \\ 1, & \text{якщо } D \in R \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (2)$$

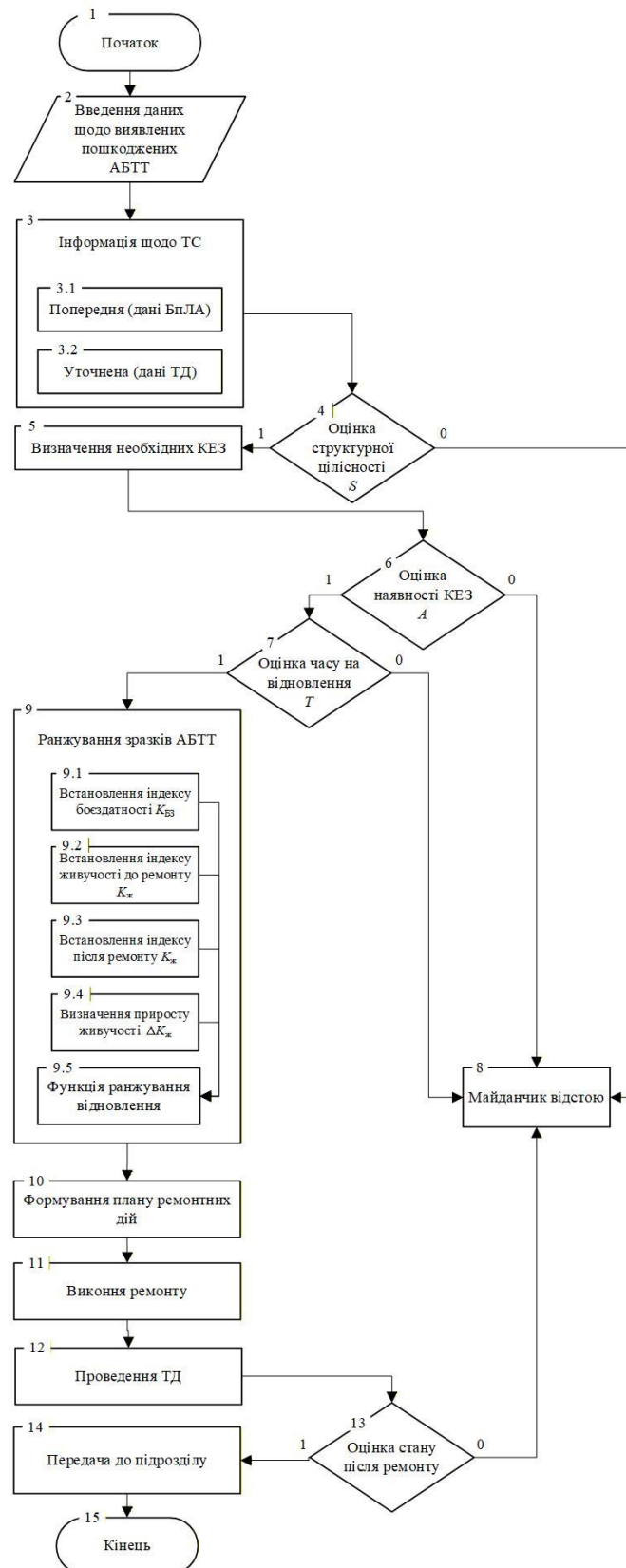


Рисунок 1 – Алгоритм удосконаленого методу агрегатного ремонту за критерієм живучості

Джерело: розроблено автором у Visio

При $A=0$ агрегатний ремонт призупиняється, оскільки неможливо оперативно замінити відсутні вузли. Така техніка також переводиться на майданчик відстою до надходження

запасних агрегатів або направляється в капітальний ремонт. Якщо ж $A=1$ (усі КЕЗ або усі критичні КЕЗ на складі наявні), зразок підлягає агрегатному ремонту.

Прогнозування часу відновлення (бл. 7). Враховуючи наявні ресурси та пошкодження, оцінюється орієнтовний час, необхідний для ремонту даного зразка $T_{ор}$. До нього входить тривалість безпосередніх ремонтних робіт (заміна агрегатів, відновлення пошкоджених систем), час на тестування після ремонту, а також логістичні затримки (доставка агрегатів, евакуація машини тощо). Отримане значення порівнюється з допустимим граничним часом $T_{доп}$, відведеним на польовий ремонт техніки цього типу. Якщо прогнозований ремонт триватиме надто довго (більше, ніж дозволяє оперативна обстановка), тоді машину доцільніше виключити з черги і направити на глибокий ремонт в тилу. Формально це рішення можна записати як умову:

$$T = \begin{cases} 1, & \text{якщо } T_{ор} \leq T_{доп}, \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (3)$$

Якщо $T=0$, зразок знімається з черги (переміщується на майданчик відстою для можливого подальшого ремонту в стаціонарних умовах). За умови $T=1$ зразок переходить до наступної стадії – безпосередньо ранжування зразків для ремонту.

Ключовим етапом удосконаленого агрегатного методу є ранжування зразків для ремонту (блок 9), у якій реалізується основний принцип запропонованого методу – повернення до строю тих зразків АБТТ, які демонструють найвищий потенціал живучості після відновлення за мінімально можливих витрат часу й ресурсів. Послідовність виконання цього етапу включає низку взаємопов'язаних процедур, від розрахунку коефіцієнта боєздатності до формування функції пріоритету відновлення.

На першому кроці ранжування зразків для ремонту визначається коефіцієнт боєздатності $K^{бз}$, який виступає інтегральною характеристикою поточного технічного стану зразка після ураження. Коефіцієнт враховує:

- кількість пошкоджених кінцевих елементів заміни (КЕЗ);
 - ступінь пошкодження кожного КЕЗ;
 - критичність кожного елемента для загальної боєздатності машини.
- Аналітично коефіцієнт задається співвідношенням:

$$K^{бз} = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{K_i^{сп}}{K^{спD}} \cdot W_i \cdot C_i \quad (4)$$

де N – кількість пошкоджених КЕЗ після бойових дій;

$\frac{K_i^{сп}}{K^{спD}}$ – нормований коефіцієнт ступеня пошкодження КЕЗ відносно ступеня пошкодження до рівня D , $K^{спD} = 4$ (0 – 0, 1 – 0.25, 2 – 0.5, 3 – 0.75, 4 – 1.0);

W_i – показник важливості i -го КЕЗ;

C_i – показник критичності i -го КЕЗ.

Важливість КЕЗ це статистична характеристика, яка визначається за конструкцією. Важливість КЕЗ характеризується таким показником, як коефіцієнт важливості (W), значення якого може бути від 0 до 1. Це константа, яка залежить від типу техніки та ролі КЕЗ для функціонування всього зразка АБТТ. Наприклад, двигун буде мати дуже високу важливість ($W = 0.18$), гусениця – високу важливість, але нижче ніж у двигуна ($W = 0.12$) тощо. Сума коефіцієнтів важливості всіх КЕЗ зразка АБТТ повинна дорівнювати 1.

Критичність КЕЗ $K_i^{сп}$ це динамічна характеристика, яка визначається за типом та ступенем пошкоджень КЕЗ. В якості показника оберемо коефіцієнт критичності (C), який також має значення від 0 до 1. Це змінне значення, яке залежить від наслідків пошкодження цього КЕЗ та характеризує наскільки дане пошкодження є небезпечним для всього зразка АБТТ. Наприклад, розглянемо:

$K^{сп} = 0$ (подряпина): $C_i = 0,05$

$K^{сп} = 2$ (подряпина): $C_i = 0,2$

$K^{сп} = 3$ (подряпина): $C_i = 0,85$

$K^{сп} = 4$ (детонація): $C_i = 1$

Визначення значення коефіцієнта критичності проводиться на основі статистичних даних ремонтів різних КЕЗ та аналізу наслідків пошкодження даного елемента щодо забезпечення життєздатності всієї машини у сукупності з методом експертної оцінки.

Коефіцієнт боєздатності (бл. 9.2) є базовою величиною для визначення поточної живучості машини, яка відображає ймовірність її ефективного застосування у бойовій обстановці.

Коефіцієнт живучості визначається

$$K_{ж} = K^{бз} \cdot P(t), \quad (5)$$

де

$$P(t) = P(K^{бз}(t) \geq K_{зад}^{бз}), \quad (6)$$

а часова динаміка боєздатності розраховується за експоненційною моделлю:

$$K^{бз}(t) = e^{-\lambda t}, \quad (7)$$

де λ – інтенсивність ураження зразка АБТТ (функція щільності вогневого впливу та ймовірності повторного ураження).

Таким чином, чим інтенсивнішим був вогневий вплив, тим швидше зменшується показник живучості навіть за однакового рівня технічних пошкоджень.

Приріст живучості після відновлення (блок 9.4) є ключовим параметром, який демонструє ефект від проведення агрегатної заміни:

$$\Delta K_{ж} = K_{ж}^+ - K_{ж}. \quad (8)$$

Це значення фактично є економіко-функціональним показником, що відображає раціональність витрат часу та ресурсів на ремонт конкретної машини. Чим більшим є $\Delta K_{ж}$ при рівній боєздатності після ремонту, тим більш привабливим є цей варіант для ремонтного підрозділу. Тобто, спочатку проводиться ранжування до рівня живучості, а потім за максимумом приросту.

Функція ранжування відновлення визначається як залежність між показником живучості зразка та часом його оперативного відновлення:

$$\max(P_R) = f(K_{ж}, \Delta K_{ж}, T_{ор}^{-1}). \quad (9)$$

Отже, у пріоритет потрапляють зразки, які:

мають максимальні значення $K_{ж}$ та максимальний приріст живучості $\Delta K_{ж}$;

можуть бути відновлені швидше, тобто мають менший оперативний час ремонту $T_{ор}$.

У випадках, коли два однотипні зразки мають однакову пріоритетність, перевага надається тому, який має максимальний приріст:

$$\Delta K_{ж} \rightarrow \max. \quad (10)$$

Це дозволяє забезпечити максимально швидке повернення до строю найбільш придатних до відновлення зразків, не витрачаючи ресурси на ті, чий ремонт буде менш ефективним.

Після чого обраний зразок вибуває з рейтингу оцінки і процес повторюється доки не оцінюються всі зразки. У випадку якщо у процесі оцінки додається новий зразок пошкодженої АБТТ оцінка проводиться з урахування цього зразка.

Ремонт, оцінка, передача у підрозділ

Після визначення черговості формується план ремонтних дій, у якому враховуються трудомісткість, доступність КЕЗ, завантаженість майстерень і вимоги командування. Ремонт виконується відповідно до визначеного пріоритету.

Після завершення робіт проводиться технічне діагностування (блок 12), у ході якого визначається відповідність зразка техніки встановленим нормативам боєздатності. Рішення щодо можливості повернення до строю задається умовою:

$$\text{відновлення} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{\text{ж}} > 0,7 \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (11)$$

При отриманні результату "1" (змога бойового застосування) машина передається у підрозділ (блок 14). Якщо "0", вона направляється на майданчик відстою з подальшим рішенням про капітальний ремонт.

Після кожного етапу дані автоматично вносяться в обчислювальний модуль, що формує динамічну історію технічного стану зразка.

Висновки

У роботі розроблено удосконалений метод агрегатного ремонту, що поєднує оцінювання пошкоджень, структурної придатності, забезпеченості агрегатами та прогноз часу відновлення в єдиний алгоритм прийняття рішень. Запропонована система коефіцієнтів боєздатності та живучості забезпечує формалізовану процедуру ранжування зразків АБТТ щодо рівню пошкоджень і дозволяє обґрунтовано визначити черговість відновлення пошкодженої АБТТ.

Ефективність методу заключається у підвищенні оперативності та раціональності ремонтних процесів у бойових умовах. Метод забезпечує скорочення неефективних витрат ресурсів, підвищує ймовірність повернення техніки до строю у мінімальні терміни й може слугувати основою для створення автоматизованих систем підтримки прийняття рішень ремонтно-евакуаційних підрозділів.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні методу шляхом урахування стохастичних факторів бойової обстановки, інтеграції даних технічної розвідки в режимі реального часу та розроблення адаптивних алгоритмів ранжування. Перспективним є створення програмного модуля для автоматизованої системи підтримки прийняття рішень у ремонтно-евакуаційних підрозділах.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Павлов Я. В., Сівак Ю. О. Ремонт і відновлення бронетанкової техніки в умовах бойових дій. Київ : НУОУ, 2021. 156 с.
2. Кривонос В.М., Білий В.В., Хахалкіна О.А., Хахалківна В.А. Удосконалення сучасних бортових засобів об'єктивного контролю повітряних суден. Системи озброєння і військова техніка, 67(3) 2021, 75–80. <https://doi.org/10.30748/soivt.2021.67.09>.

3. Дачковський В.О. Методика оцінювання відновлюваності озброєння та військової техніки. Інформаційно-аналітична діяльність у сфері безпеки та оборони. 3(36)/2019. № 2. С. 89–96. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-89-96>.
4. Пепеляєв С. М., Іванов С. І. Проблеми відновлення бронетехніки після бойових уражень. Військово-технічний збірник. 2020. № 23. С. 102–109.
5. Герасименко В. М., Юревич О. В. Оптимізація технічного забезпечення підрозділів в умовах бойових дій. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2023. № 3. С. 87–96.
6. Швець Р. В., Мельник А. Ю., Мельничук О. І. Застосування БПЛА у технічній розвідці пошкодженої техніки. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки. 2023. Т. 11, № 3. С. 59–68.
7. Marais K., Saleh J. H. Survivability in complex engineering systems: A degradation-based approach. *Reliability Engineering & System Safety*. 2020. Vol. 199. Art. 106911. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106911>.
8. Sun C. P., Zhou D., Du Y.-M., Guan X. Degradation and reliability of multi-function systems using the hazard rate matrix and Markovian approximation. *Reliability Engineering & System Safety*. 2022. Vol. 218. Art. 108166. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108166>.
9. Wu S., Guo B. Battle damage assessment using integrated diagnostic models. *Defense Technology*. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 1120–1135. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.10.003>.
10. Zhao Y., Li H. Multi-criteria optimization of maintenance priority in complex systems. *Journal of Manufacturing Systems*. 2022. Vol. 62. P. 690–703. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.12.008>.

References

1. Pavlov, Ya. V., & Sivak, Yu. O. (2021). *Remont i vidnovlennia bronetankovoi tekhniki v umovakh boiovykh dii*. Kyiv: NUOU, 156 p.
2. Kryvonos, V. M., Bilyi, V. V., Khakhalkina, O. A., & Khakhalkivna, V. A. (2021). Improvement of modern onboard objective monitoring systems of aircraft. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*, 67(3), 75–80. <https://doi.org/10.30748/soivt.2021.67.09>.
3. Dachkovskiy, V. O. (2019). Methodology for assessing the recoverability of weapons and military equipment. *Informatsiino-analitychna diialnist u sferi bezpeky ta obrony*, 3(36), No. 2, 89–96. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-89-96>.
4. Pepeliaiev, S. M., & Ivanov, S. I. (2020). Problemy vidnovlennia bronetekhniki pislia boiovykh urazhen. *Viiskovo-tekhnichniy zbirnyk*, (23), 102–109.
5. Herasymenko, V. M., & Yurevych, O. V. (2023). Optyimizatsiia tekhnichnoho zabezpechennia pidrozdiliv v umovakh boiovykh dii. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho NUPS*, (3), 87–96.
6. Shvets, R. V., Melnyk, A. Yu., & Melnychuk, O. I. (2023). Zastosuvannia BpLA u tekhnichnii rozvidtsi poshkodzhenoj tekhniki. *Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky*, 11(3), 59–68.
7. Marais, K., & Saleh, J. H. (2020). Survivability in complex engineering systems: A degradation-based approach. *Reliability Engineering & System Safety*, 199, 106911. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106911>.
8. Sun, C. P., Zhou, D., Du, Y.-M., & Guan, X. (2022). Degradation and reliability of multi-function systems using the hazard rate matrix and Markovian approximation. *Reliability Engineering & System Safety*, 218, 108166. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108166>.
9. Wu, S., & Guo, B. (2021). Battle damage assessment using integrated diagnostic models. *Defense Technology*, 17(4), 1120–1135. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.10.003>.
10. Zhao, Y., & Li, H. (2022). Multi-criteria optimization of maintenance priority in complex systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 690–703. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.12.008>.